

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta dopravní

Ústav dopravních systémů K612



Semestrální práce z předmětu 12Y2VT

VYSOKORYCHLOSTNÍ TRATĚ

Téma: Projekty vysokorychlostních železničních tunelů pod Alpami

Akademický rok: 2007/2008

**Martin Vaněk
kruh 1.56**

OBSAH:

1. Úvod.....	2
2. Geografický popis pohoří Alpy.....	2
3. Tunelování pod Alpami.....	3
4. Projekty skutečně realizované či blízko realizaci.....	4
5. Projekty nerealizované či zatím dosti vzdálené realizaci.....	8
6. Přehled nejdelších železničních tunelů na světě.....	10
7. Zdroje informací.....	11

1. Úvod

Jednou ze základních potřeb člověka počátku 21. století je cílevědomá změna místa osob či nákladů uskutečňovaná pomocí dopravního prostředku po dopravní cestě. Pozemní dopravní infrastruktura je liniově tvořena souhrnem inženýrských objektů, přičemž mezi nejviditelnější a nejrozsáhlejší patří mosty a tunely. A právě nově projektovaným železničním tunelům pod nejmasivnějším západoevropským pohořím je věnována tato práce.

2. Geografický popis pohoří Alpy

Celé pohoří se táhne v šířce od 130 až 260 kilometrů a v délce kolem 1200 kilometrů celkem přes území sedmi států (Francie, Německo, Švýcarsko, Lichtenštejnsko, Rakousko, Itálie, Slovinsko) od francouzské riviery a pobřeží Středozemního moře na jihozápadě až k Vídni na východě. Zaujímá rozlohu kolem 180 000 km² a patří do tzv. Alpsko-himálajské soustavy.

Počátek **vzniku** se datuje do doby kolem spodní křídy, kdy se na dno geosynklinály, neboli mořské rozsedliny v oceánu Tethys, usazovaly sedimenty. Ve třetihorách, asi před 40 až 60 miliony let, se vlivem natlačování Africké desky na Eurasijskou začaly vrstvy usazenin vrásnit (tzv. alpská orogeneze). Výrazné vyzdvihování probíhalo na přelomu třetihor a čtvrtohor. Dalším faktorem modelování pohoří bylo pleistocénní zalednění, po němž zbylo přibližně 3 200 km² ledovců, četné kary a jezera. Nutno podotknout, že Alpy se zvedají stále cca o 1mm ročně, což znamená nutnost stálého monitorování pohybu masivu např. právě v nově budovaných tunelových rourách.

Alpy jsou nejvýznamnější pramennou oblastí ve střední Evropě. Na mnoha jejich vrcholech či hřebenech probíhají i mnohá evropská rozvodí (Albula, St. Gotthardpass). Alpské řeky nebo povodí (Rhône, Rýn, Inn, Dunaj, Pád) se po dlouhé cestě vlévají do několika moří (Středozemní moře, Jaderské moře, Černé moře, Severní moře).

Nejběžněji se Alpy dělí na dva velké celky - Západní a Východní Alpy. Hranici těchto celků tvoří spojnice mezi Bodamským jezerem, Rýnem, sedlem Splügenpass, řekami Liro a Mera a Comským jezerem. Západní Alpy zabírají asi 40% a Východní Alpy 60% celkové rozlohy systému. Současně uznávaná hranice mezi těmito celky nebyla odjakživa vedena tímto směrem. Do roku 1919 bylo rozdělení Východních a Západních Alp podle politické hranice. Nejvyšším vrcholem tehdejších Východních Alp byl Ortler. Tato východní část se totiž nacházela na východ od švýcarských hranic. Členění do jednotlivých pohoří je v literatuře nejednotné a mnohdy zcela rozdílné nebo až chaotické. Z mnoha skupin jsou osamostatněny jejich významné části (Savojské Alpy a Mont Blanc). Od řady horských masivů se zase oddělují tzv. Voralpen (alpská předhůří). Hranice těchto předhůří (Bavorské předhůří, Hornorakouské předhůří apod.) nejsou pevně vytýčeny. Nejvyšší vrcholy systému se až na výjimky nacházejí v Západních Alpách. Vrcholů dosahujících výšky 4 000 m je 60, ovšem pouze jeden (Piz Bernina, 4 049 m) náleží do Východních Alp.

Do **Západních Alp** patří takřka celé Švýcarské Alpy a některé části Italských Alp. Oblouk Západních Alp je otevřený k východu a obklopuje severoitalské nížiny Piemontskou a Lombardskou. Tato část pohoří leží západně od linie Bodamské jezero - horní tok Rýna. Obecně lze říci, že hory Západních Alp jsou vyšší a mají strmější svahy s velkými výškovými rozdíly. Nelézají se zde nejdelší a nejrozsáhlejší alpské ledovce. Mont Blanc na italsko - francouzských hranicích je se svými 4 807 metry nejvyšším vrcholem Alp a zároveň celé Evropy (pokud nepočítáme kavkazský Elbrus s 5 642 metry). Dalšími významnými vrcholy jsou např. Matterhorn na švýcarsko-italských hranicích či Jungfrau a Eiger v Bernských Alpách.

Východní Alpy se skládají z celků : Rakouské Alpy, Italské Alpy, Slovinské Alpy a malou částí i Švýcarské Alpy. Sněžná čára Východních Alp dosahuje 2 800 metrů na severním a 2 900 metrů na jižním svahu. V této části dosahují nejvyšších vrcholů Ötztaler Alpen (Wildspitze 3 772 m), sahající k švýcarským a italským hranicím. Sem našťestí zasáhl turistický boom o něco citlivěji, než v jiných oblastech, takže na ploše kolem 500 km² narazíme jen zřídka na známky lidské činnosti, například přehradní nádrž Gepatsch, několik sjezdovek a malé vesničky. Na západě jsou ohraničeny Innem a na východě údolím Ötztal. Za ním pak navazují Stubai Alpen (Zuckerhütl 3 507 m). V západní části jsou rovněž panenské podmínky, ale Brennerský průsmyk (1 371 m), který ohraničuje Východní Alpy z východu, dnes slouží jako dopravní tepna z Innsbrucku do italského Bolzana a představuje též ideální místo na využití svahů pro sportovní a rekreační účely. V tomto průsmyku vedla už v roce 1772 silnice, 1867 železnice a dnes dálnice A13. Dále na východ pokračují Zillertalské Alpy s kvalitními lyžařskými areály v okolí Mayrhofenu nebo na severním svahu hory Olperer (3 476 m). Ve Vnějších Alpách se s místy věčného sněhu nesetkáváme. Na severovýchodě mezi řekami Inn, Rosanna a Lech se táhne v délce 40 kilometrů romantické horské pásmo Lechtaler Alpen s nejvyšší horou Parseierspitze (3 036 m) nad městečkem Landeck. Horská silnice mezi Imstem a Elmenem překonává hřeben v sedle Hahntennjoch v nadmořské výšce 1 905 metrů. Hlavní hřeben Východních Alp dosahuje délky takřka 500 km.

Alpy jsou rozhraním **klimatu** střeoevropského podnebí a suchého podnebí Panonské nížiny. V horách se klimatické podmínky liší dle výšky, návětrné a závětrné strany. Nejvyšší roční srážky spadnou v průměru v Julských Alpách (2500 mm), nejnižší potom ve Walliských Alpách (500 - 600 mm). Nad výškou 3 000 m jsou průměrné roční srážky v Alpách téměř 1 500 mm. S přibývajícím výškou klesá teplota, a to zhruba o jeden stupeň na každých +170 m výšky. Alpy se nacházejí v pásu širokém pouhých 5 stupňů zeměpisné šířky, ale setkáme se tady prakticky se všemi druhy klimatu od mírného podnebí až po arktické. V Alpách se vyskytují také padavé větry, takzvané fény.

Co se týče **flory**, tak pásmo lesů se je zde na severních okrajích hor ve výšce kolem 1 600 m, na jižních zasahuje i do výšek 2 200 m, ve vysokých horách až do 2 300 m. V nižších stupních lesů rostou buky a javory. Výše se nacházejí jehličnaté lesy složené převážně ze smrků, jedlí, limb a modřínů. Nad tímto pásmem jsou porosty kosodřeviny, jalovců, olší a vrb. Ve vyšších polohách se pak nalézají alpské louky s rostoucími rododendrony a typickou alpskou květenou. Na vápencích podložích v severních Alpách se v pásmu lesů daří olši, bříze a borovicím limbě. Výše jsou mimo kosodřeviny také zakrslé vrby, pěnišníky nebo lýkovece. Kvetoucí rostliny ve vysokých polohách jsou velice druhově rozmanité.

Fauna je v Alpách zastoupena druhy typickými i pro jiné horské systémy v Evropě. K těmto známým zvířatům patří např. kamzík, svišť, kozorožec, medvěd, rys, zajíc atd.

3. Tunelování pod Alpami

V současné době pod Alpskými masivy běží výstavba nejobtížnějších úseků tří důležitých transevropských koridorů: spojení Berlin – Palermo, Lisboa – Kyjiv a Amsterdam – Genova.. Trati i tunely jsou projektovány pro nákladní dopravu s rychlostí do 160 km/h a osobní přepravu vysokorychlostními (naklápačím) jednotkami rychlostí až 250 km/h. Rekonstrukce zmíněných tratí a příjezd k portálům nově budovaných tunelů si ovšem vyžaduje výstavbu či modernizaci řady dalších tunelů na těchto tratích, s délkami i kolem 10 km, takže v Alpách momentálně vypukl po sto letech druhý tunelářský boom. Doslova armády barabů tehdy, na začátku 20. století, jen se sbíječkami, pak i s vrtačkami a dynamitem, zpočátku bez zkušeností, dokázali prorážet tunely pod Mt. Cenisem (12,8 km), Svatogetthardský železniční tunel (17,0 km) a Simplonské tunely (19,8 km) za cenu vysokých

ztrát na životech. Zbudované nájezdové rampy stoupající po svazích velehor k vrcholovým tunelům však neumožňují jízdu rychlostí víc jak 80 km/h, hltají zbytečně stále dražší energii, výfuky kamióňů zdolávajících průsmyky ničí okolní přírodu. Nová generace alpských tunelů se proto projektuje ve zcela nových trasách s minimálními sklony. Portály tunelů nebudou výše jak 750 m n.m., proto délky tunelů narůstají tak, že i nejvýkonnější současné technice trvá jen sama ražba deset i více let od ukončení geologického průzkumu. Nové železniční tunely musely zvětšit svůj profil, aby jimi pod trolejí mohly projíždět vlaky kombinované dopravy s naloženými návěsy a s celými kamióňy, a musejí se vypořádat s rázovými vlnami, které budou vyvolávat vysokorychlostní expresy.

Tunely procházejí z převážné části kamenným masivem, který umožňuje nasazení obřích tunelovacích strojů, razících štítů (TBM) s rotujícími frézami o průměru 10 m, vyzbrojených třeba i 50 rotačními dláty. Frézovací hlava je tlačena do záběru hydraulickým systémem tlakem až 2000 t. Rozdrcená hornina je transportována pásovými dopravníky, aby "podběhla" pod dlouhou sestavou lafetových vrtaček pro vrtání kotevních a injektážních děr a posuvný štít umožňující lití profilovacího betonového ostění. Průměrný denní postup každé TBM se pohybuje kolem 20 m oproti 10 m při tradičním ražení s vrtáním a odstřely. Tímto způsobem, tzv. novou rakouskou metodou, jsou raženy roury v měkčích horninách a materiál je odvážen důlními sklápěčkami. Teplota stěn tunelu pod vrcholky velehor dosahuje téměř 50 °C. Všechna pracoviště jsou proto z několika přístupových štol uměle větrána tak, aby teplota nepřekračovala únosnou mez (25-28 °C). K urychlení stavby bývá ražení zahájeno z obou čel tunelu a z několika přístupových šachet. V místě vyústění tunelů do údolí vznikají pracovní tábory pro tisíce pracovníků, přípravný beton, překladiště a deponie vyrubaného materiálu, transformační stanice a přístupové cesty, což jsou jediné doklady obrovsky náročné činnosti, která bude mít za výsledek nezměrné zkvalitnění nejekologičtějšího způsobu dopravy – dopravy železniční.

4. Projekty skutečně realizované či blízko realizaci

4.1 Projekt NEAT

Projekt NEAT (Die Neue Eisenbahn-Alpentransversale) je zatím největším investičním záměrem v dějinách Švýcarska, ve kterém se plánuje proinvestování 30 mld. Švýcarských franků (cca 500 mld. Kč, polovina ročního rozpočtu ČR). Projekt má představovat podstatné zlepšení železničního propojení skrz Švýcarsko v severojižním směru, což by mělo výrazně přispět k přesunu podstatných objemů nákladní přepravy z dálnic na železnici. Projekt můžeme též identifikovat pod hovorovým názvem „AlpTransit“.

Prvotní nápady ohledně nového kapacitního a rychlého transalpského propojení pocházejí ze 60. let 20. století. První velkolepé konkrétnější plány byly představeny v několika variantách během 70. a 80. let a roku 1992 byla uzavřena dohoda Švýcarska s EU o prioritách tranzitní přepravy, což vyvrcholilo referendem o výstavbě projektu (64% obyvatel se vyjádřilo kladně) a následným schválením celého konceptu NEAT švýcarským parlamentem dne 16. prosince 1992. Během následujících měsíců se upřesňovala koncepce celého projektu a první přípravné práce začaly již roku 1994.

Součástí celého konceptu jsou: lötchberská osa, gotthardská osa, přestavba v Surselvě, připojení východního Švýcarska, přestavba trati St. Gallen – Arth-Goldau a přestavby některých navazujících tratí.

Následuje detailní popis dvou klíčových linií celého projektu:

1) Gotthardská osa

Páteří osou bude propojení měst Zürich – Milano, které hraje důležitou roli pro tranzitní dopravu mezi Německem a Itálií. Toto propojení citelně odlehčí stávající strmé a obloukovité Gotthardské linii se starým vrcholovým Gotthardským tunelem (z roku 1882, délka 15,0 km) na trati mezi městy Luzern – Lugano. Maximální rychlost vlaků se v této ose zvýší ze stávajících 80 km/h až na 160 km/h pro nákladní a 200/250 km/h pro osobní vlaky (klasické/naklápací soupravy). Po dohotovení všech staveb by se cesta z Zürichu do Milana měla zkrátit ze 2 hodin na 55 minut.

Dominantní stavbou nového spojení, a vlastně i celého projektu NEAT, bude nový **Gotthardský** patní (či základnový, bázový, nízkoúrovňový) tunel (GBT = Gotthard-Basistunnel) mezi městečky Esrtfeld v kantonu Uri (severní portál) a Bodio v kantonu Tessin (jižní portál). První průzkumné a přístupové štoly se začaly budovat v roce 1996, dokončení tunelu je plánováno na rok 2016. S délkou 57,0 km se po svém otevření stane nejdelším tunelem světa, neboť svojí délkou předstihne i stávajícího podmořského rekordmana Seikan v Japonsku (53,9 km). Z této délky je 34,9 km hloubeno pomocí razicího štítu, zbylých 22,1 km je řešeno odstřely. Celková délka všech tunelových rour, včetně přístupových štol, bude 153,5 km. Tunel je pochopitelně budován jako dvě samostatné jednokolejné tunelové roury (o průměru 9,40 m a délkách 56 978 m - západní a 57 091 m – východní), které jsou mezi sebou vzdáleny 40 m a vzájemně propojeny 180 spojovacími tunely (každých 312 m).

Na trase se nachází dvě multifunkční galerie o délkách 1500 m s únikovými štolami (od severu v km 19,0 Sedrun a v km 40,9 Faído), přičemž prostor Sedrun je řešen jako podzemní zastávka pod názvem „Porta Alpina Station“ s možností výstupu/nástupu cestujících a jejich následnému vyzdvihnutí dvěma výtahovými šachtami o délce 835 m do lyžařské oblasti Surselva. Výtahy budou schopny vyvézt na povrch naráz 80 cestujících za 2 minuty. V podzemním nádraží bude restaurace a čekárna pro 240 cestujících. Již od roku 2002 je výtah v jedné ze dvou šachet v provozu pro stavební účely.

Maximální stoupání v tunelu je 12,5%, vrcholový bod leží v nadmořské výšce pouhých 550 m, což je o 600 m níže, než na stávající trati. Kapacita trati je plánována na 200-250 vlaků denně, přepraveno by tudy mělo být 40 mil. tun nákladu za rok. Zabezpečovací zařízení bude typu ETCS Level 2 a průjezdný průřez evropského standardu EBV-4, přičemž maximální výška ložených kamionů bude 4,2 m a šířka 2,6 m. Projektantem a stavitelem je společnost AlpTransit Gotthard AG (ATG), která je dceřinnou společností Švýcarských drah (SBB-CFF-FFS). Náklady na výstavbu se dle současné CÚ předpokládají ve výši 8 mld. CHF.

Od jižních portálů nového Gotthardského tunelu bude pokračovat 7,5 km dlouhá vysokorychlostní trať (Bahnumfahrung Bellinzova) až k severním portálům další navazující tunelové stavby, patního tunelu **Ceneri** (CBT = Ceneri-Basistunnel) o délce 15,4 km, jehož stavba začala roku 2006 a otevření se plánuje na rok 2019. Ten bude propojovat italsky mluvící městečka v kantonu Tessin/Ticino Vigana-Camorino (na severu) a Vezia (na jihu). Celkové náklady na výstavbu dosáhnou 2,2 mld. CHF. Výstavba navazující VRT jižním směrem k italským hranicím s novými dopravními terminály v Luganu a Chiassu se plánuje až v třetí fázi celého projektu, kolem roku 2030.

Severním směrem od Gotthardského patního tunelu k Zürichu, největšímu švýcarskému městu, bude vysokorychlostní spojení (zbudované až po výstavbě GBT) pokračovat dalšími tunely – Zimmerberg-Basistunnel (ZBT), Hirzeltunnel, Urmibergtunnel a Axentunnel.

Z těchto tunelů bude nejrozsáhlejší patní tunel **Zimmerberg** o délce 20,0 km, z čehož I. etapa (dlouhá 9,4 km) mezi portály Zürich-Lochergut (v centru Zürichu) a Thalwill u břehu přilehlého jezera již byla mezi lety 1997 – 2002 vybudována v rámci projektu *Bahn 2000*. Účelem tohoto úseku je v podstatě podjezd zurišské městské zástavby. Maximální rychlost

vlaků zde činí 160 km/h. II. etapa bude pokračovat z Thalwillu jižně do Litti (v kantonu Zug) a s počátkem její výstavby se předběžně počítá ve druhém desetiletí tohoto století.

Jednokolejný **Hirzeltunnel** mezi městem Zug (kanton Zug) a pobřežím Zurišského jezera (kanton Zürich) bude součástí odbočné větve z trasy Zürich – Milano. Začne se razit snad v roce 2012 a tunel napojí na Zimmelberg-Basistunnel východní část švýcarské železniční sítě ve směru od Sankt Gallenu, čímž v podstatě dokončuje triangl na západním pobřeží Zurišského jezera. Hirzel i Zimmelberg budou proraženy až v rámci druhé fáze první etapy projektu NEAT.

Dvoukolejný **Urmibergtunnel** bude 7,0 km dlouhá stavba, která propojí Arth-Goldau (na severu) a Felderboden (na jihu) v kantonu Schwyz, čímž nahradí stávající malebnou, ale málo kapacitní trať, linoucí se po břehu jezera Lauerzersee.

Rovněž dvoukolejný **Axentunnel** o délce 10,0 km mezi městečky Brunnen (kanton Schwyz, severní portál) a Flüelen (kanton Uri, jižní portál) zkapacitní stávající železniční spojení podle jezera Urnersee. Axentunnel i Urmibergtunnel vzniknou až ve druhé etapě projektu NEAT.

2) Lötschbergská osa

Tato osa představuje spojení Bern – Domodosola – Torino/Milano, což je v podstatě paralelní alternativa ke Gotthardské linii a zároveň zde již v současné době leží první provozovaná část v rámci konceptu NEAT. Spojení ze Švýcarska do Itálie již přes 100 let využívá dvou starých rovnoběžných jednokolejných **Simplonských** tunelů, které v podstatě představují velice nadčasovou koncepci základnových tunelů v té podobě, o které se bavíme nyní. Byly navíc dokonce od samého počátku určeny pro elektrický provoz. Následovat budou některé údaje o nich: Simplon I. – stavba: 1898–1905, provoz: od 1906, délka: 19 803 m, vrcholový bod: 705 m n.m., maximální stoupání: 7 ‰, Simplon II. – stavba 1912-1921, provoz: od 1922, délka: 19 823 m, vrcholový bod: 705 m n.m., maximální stoupání 7 ‰. Mezi lety 1985 – 2003 byl rekonstruován (instalací stropní přírodní kolejnice místo klasického drátového elektrického vedení) zvětšen průjezdný průřez tak, aby mohly být vlakovými soupravami převáženy kamiony o výšce až 4,90 m (původně 4,00 m). Rychlost se však pohybuje stále na úrovni 80-110 km/h.

Tou pilotní zprovozněnou stavbou, na kterou bylo odkazováno výše, je **Lötschberský** patní tunel (LBT = Lötschberg-Basistunnel), který byl slavnostně uveden do provozu dne 15.června roku 2007. Jedná se o 34,6 km dlouhou stavbu mezi městečky Frutigen (kanton Bern, severní portál) a Raron (kanton Wallis, jižní portál), která byla započata již roku 1999. Vrcholový bod tunelu leží v nadmořské výšce 828 m n.m., což je 411 m pod starým vrcholovým Lötschberským tunelem z roku 1913 (délka 14,6 km) a v současné době to představuje nejnižší položený podchod alpského masivu vůbec. Stoupání v tunelu se pohybuje mezi 3 - 12,5 ‰, maximální rychlost 200/250 km/h, denní průjezd 110 vlaků (+ 66 vlaků dočasně po staré trase), maximální délka vlaku 750 m, zabezpečovací systém ETCS Level 2, komunikační systém GSM-R. Celkové náklady na výstavbu činily doposud 4,3 mld. CHF, nicméně toto číslo není konečné, neboť tunel ještě není 100% dobudovaný. Prvních 21 km od severního portálu je zatím vyraženo pouze jednokolejně, jižní úsek o délce 14 km je již dvojkolejný, respektive existuje v podobě dvou rovnoběžných jednokolejných tunelů s osovou vzdáleností 40 m a spojovacími tunely po každých 333 m délky. Celková délka všech štol je v současnosti 88,1 km a délka kolejí 57 km. Tunel byl z 20 % proražen s pomocí razicího štítu, zbytek byl vystřílen. LBT je v současnosti nejdelším pevninským železničním tunelem na světě. Jeho plné zdvojkolejnění bylo zatím odloženo na později.

Na jižní portál navazují dva mosty přes řeku Rhône o délkách 820 a 556 m a dále napojení na stávající dvojkolejnou trať do městečka Brig, které je výchozím bodem pro navazující

cestu do Itálie Simplonskými tunely. Ve II. etapě projektu NEAT (po roce 2030) bude vybudováno i nové vysokorychlostní spojení do Brigu s tunelem **Mundbach**.

Na severní portál ve Frutigenu bude navazovat hned další nový tunel až do městečka Spiez na břehu Thunského jezera – **Niesenflankentunnel**.

4.2 Brennerský patní tunel

Brenerský patní tunel (BBT = Brenner-Basistunnel) je společným rakousko-italským projektem za finanční podpory EU (jedna třetina z cca 9 mld. EUR), který má za cíl zvýšit kapacitu a rychlost železniční dopravy mezi rakouským Innsbruckem a italským Bolzanem, což je úsek, který je součástí budovaného vysokorychlostního spojení Berlin – Palermo. Přístupové propojení k severnímu portálu tunelu z německého území by mělo být financováno pro změnu německou stranou. Díky maximální rychlosti 250 km/h by např. mělo na trase München – Verona dojít ke třetinovým časovým úsporám oproti cestě automobilem po dálnici..

Stávající horský charakter železničního propojení přes Brennerský průsmyk z roku 1867 je při stoupání až 26 ‰ omezujícím prvkem v kapacitě, neboť plně naložené nákladní vlaky zde dosahují místy rychlosti pouhých 50 km/h. Bylo tudíž potřeba posílit konkurenci ke stávající paralelní dálnici ze strany železnice a ukázalo se, že nejlepším řešením dle studie proveditelnosti z roku 1987 bude nový Brennerský tunel o délce 55,0 km, který se tak svojí délkou zařadí mezi nejdelší tunely světa (na druhé místo hned za GBT). S navazujícím objízdovým tunelem okolo Innsbrucku by měla tunelová trasa dosahovat dokonce úctyhodných 63,0 km. Z celkové délky tunelu bude 60% ležet na území Rakouska, 40% v Itálii.

S ražbou přístupových štol začala rakouská strana ovšem až v roce 2006, takže projekt začíná nabírat mírné zpoždění. Stavba by měla být uvedena do provozu mezi lety 2015-2020.

BBT bude představovat opět dvě jednokolejné tunelové roury o průměru 9,60 m, vzdálené 40-70 m a propojené každých cca 300 m spojovacími tunely. Vrcholový bod bude ležet v nadmořské výšce 840 m (tj. o 530 m níže, než původní trať přes průsmyk), maximální stoupání nepřesáhne hodnotu 12,5 ‰.

Na severním konci bude BBT částečně navazovat na současný nejdelší rakouský tunel **Inntaltunnel** (12,7 km, jeden dvojkolejný tubus), sloužící jako nákladní železniční okruh města Innsbruck z roku 1994, na který by měly dále navazovat nové vysokorychlostní úseky (250 km/h) Innsbruck – Kufstain – München. Na jižní portál naváže v italském městečku Fortezza úsek do Verony.

4.3 Patní tunel Mont-Cenis (Lyon-Torino)

Nově plánované transalpské vysokorychlostní spojení mezi městy Lyon a Torino, určené pro vysokorychlostní vlaky TGV, je společným francouzsko-italským projektem, jehož kořeny lze spatřovat v 90. letech 20. století, kdy se zformovala francouzsko-italská spolupráce na novém spojení milionového Lyonu a italské průmyslové oblasti. Roku 2001 vznikla mezinárodní společnost Alpentunnel, která bude zajišťovat výstavbu.

Celý úsek lze rozdělit na tři části: Lyon – Saint-Jean-de-Maurienne, Saint-Jean-de-Maurienne – Bussoleno a Bussoleno – Torino. A právě prostřední úsek, který zároveň přechází přes hranice obou států, je díky složitým přírodním poměrům inženýrsky nejnáročnější. Pro tento 74 km dlouhý mezinárodní úsek se vžilo označení Lyon-Torino Base Tunnel, nebo též Mont-Cenis Base Tunnel, nicméně se zde budují tunely dva, a to západněji umístěný Mont-d'Ambin Base Tunnel o délce 52,9 km a jeho kratší východní soused

Bussoleno Base Tunel o délce 11,8 km., přičemž mezi nimi se buduje spojovací viadukt Venaus přes 1,2 km široké údolí Val di Susa. Oba dva tunely jsou budovány jako dvě samostatné jednokolejné tunelové roury o průměru 9,76 m se spojovacími tunely po každých 400 m a pro maximální rychlost vlaků 250 km/h. Maximální sklon trati je 8,4 ‰ (tunel Mont-d'Ambin), respektive 12,4 ‰ (tunel Bussoleno).

Nový patní tunel **Mont-d'Ambin** má celkem čtyři únikové šachty a přibližně uprostřed bude umístěna bezpečnostní stanice Modane s dvěma předjízdny koleje o délce 750 m. Zde zároveň leží vrcholový bod trati o nadmořské výšce 750 m. Úniková štola, která povede do horského údolí o 450 m výše, je využívána při stavbě jako jedna z přístupových cest. Tunely jsou raženy částečně odstřelem a částečně pomocí razicích štítů. Termín zprovoznění se v současné době uvažuje mezi lety 2018-2020. Cena se vyšplhala na 8 mld. EUR. Cesta mezi Lyonem a Milanem se po otevření zkrátí téměř na polovinu, čili na 2 hod 17 min.

4.4 Rakouské projekty ve Štýrských Alpách

Po rekonstrukci dunajské osy Wien – Linz, přestavbě vídeňského železničního uzlu a výstavbě nového Brennerského tunelu je dalším důležitým rakouským železničním projektem přestavba trati Wien – Klagenfurt – Villach, respektive výstavba nové spojky Graz – Klagenfurt. V oblasti Semmeringu vzniká v současnosti novostavba 35 km dlouhé trati s 22,2 km dlouhým nízkoležícím **Semmeringtunnelem**, který je již ve stavbě. Mezi hlavními městy Štýrska (Graz) a Korutany (Klagenfurt) se počítá s výstavbou nové kapacitní trati pro maximální rychlost 200 km/h o délce 130 km, která představuje poměrně kontroverzní projekt z důvodu jeho diskutabilní důležitosti. Dominantní stavbou je **Koralm** tunel o délce 32,8 km, který bude podcházet vrcholky Štýrských Alp až 1200 m hluboko. S jeho stavbou by se mělo začít údajně v roce 2008, ale Rakušané mají v současné době trochu problémy s financováním všech nových projektů z důvodu širšího spektra zájmů.

5. Projekty nerealizované či zatím dosti vzdálené od realizace

5.1 Swissmetro

Swissmetro je projekt bezdotykově magneticky uložené vysokorychlostní dráhy, zpočátku na území Švýcarska později i Evropy, která by jezdila v tunelech částečně zbavených vzduchu až k technicky možné hranici vakua, čímž by bylo možné dosáhnout cestovní rychlosti vyšší než u dnešních pozemních rychlodrah, přes 500 km/h, při zachování snadné dostupnosti stanic v centrech měst. Vlakové soupravy Swissmetra by jezdily v minimálních intervalech 5 až 10 minut – jako u metra (dnešní takt rychlíkových železničních spojení mezi centry Švýcarska je půlhodinový).

Podzemní spojení by mělo radikálně zkrátit čas cestování mezi centry aglomerací, letišti a dopravními uzly. Centra Curychu a Ženevy by se přiblížila na něco přes půl hodiny, včetně zastávek v Bernu a Lausanne (dnes konveční železnicí nebo po dálnici kolem 3 hodin, letadlem obdobně), Curychu a Basileje na něco přes deset minut (dnes kolem hodiny). Podzemní poloha má dále výhodu v tom, že dráha by nebyla slyšet a že by bylo možné se vyhnout dlouhodobým politickým procesům a vysokým finančním odškodněním pro zajištění trasy. Ochrana před hlukem a ochrana majetku, zakotvené v zákonech, jsou v hustě osídleném Švýcarsku z hlediska provozovatelů dopravních systémů jedním z hlavních problémů.

V letech 2004/2005 byly na ETH (Spolkové vysoké učení technické) Lausanne projektem Histar (High Speed Train Aerodynamic Rig) zahájeny výzkum a testy, které mají za cíl připravit první etapu realizace (kolem roku 2020).

Swissmetro je technologicky koncipováno jako magnetická dráha ve dvojici jednosměrných tunelů, každý o průměru pouhých 5 metrů. Problém odporu vzduchu by byl vyřešen technicky zvládnutelným zředěním vzduchu v tunelech (vakuum). Tím by byla umožněna vysoká rychlost a nižší spotřeba energie (polovina než u tradiční železniční dráhy). Vozy Swissmetra by byly poháněny lineárními elektrickými motory, které by spolu s magnetickým nosným a řídicím systémem zaručovaly bezdotykový let na polštáři magnetického pole rychlostí 500–600 km/h ve vakuu tunelů.

Projekt předpokládá zpočátku dvě hlavní linky. Spojení východ–západ, St. Gallen–Ženeva, a sever–jih, Basilej–Bellinzona (jedna z tradičních křižovatek Evropy). V druhé etapě by přišla spojení do Sionu a Churu (turismus a rozvoj regionů). Jako pilotní trasa je plánováno spojení Basilej–Curych, s počátečním zkušebním provozem prvních 20 kilometrů v oblasti Ženevského jezera, které by měly být realizovány v roce 2020.

Další vizí, pokračováním Swissmetra, je Eurometro. Cesta Basilej–Hannover by se např. mohla zkrátit na 1 1/2 hodiny (dnes letadlem 3 hodiny, ICE 5 hodin). Zejména ale by šlo o dnes ještě zanedbávané spojení na ose západ–východ. Přímé spojení, s cestovní rychlostí kolem 600 km/h, Lyon–Mnichov by se zkrátilo na 1 hodinu 20 minut (dnes drahou 9 1/2 hodiny), Lyon–Vídeň na 2 1/4 hodiny (dnes drahou 15 hodin). Pomalejší spojení se zastávkami ve všech důležitých městech s cestovní rychlostí kolem 450 km/h by byla Lyon–Mnichov 2 hodiny 10 minut, Lyon–Vídeň 3 1/2 hodiny. Další navazující osy Eurometra by byly Madrid–Vídeň a Paříž–Řím.

Dle mého názoru je termín 2020 kvůli enormní finanční nákladnosti projektovaného systému více než optimistický, Švýcaři se v nejbližších letech budou soustředit spíše na rozvoj klasické železniční infrastruktury, jež bude díky složitosti terénu v Alpském pohorí sama o sobě obrovskou finanční zátěží (viz. kapitola 4).

5.2 Tunel České Budějovice - Jadran

Pakliže se o následujícím projektu dalo někdy hovořit jako o blížké realizaci, tak to bylo v politicky silně motivovaných prohlášeních během 70. let minulého století. Možná to bude znít úsměvně, ale právě v té době (roku 1975) pražský profesor Karel Žlábek navrhl a propočítal výhodnost nejkratšího spojení naší vlasti s Jadranským zálivem odvážně vedeným tunelem, v němž by nekonvenčně řešené elektrické expresy přepravovaly zboží a kontejnery ze středu Evropy novou dopravní tepnou přes Jadran do oblasti Středozemního moře. V letní sezoně by pak vlaky za pouhé dvě hodiny jízdy dopravovaly na speciálně upravených plošinových nákladních vozech automobilisty z Českých Budějovic a Lince na dálniční rozštěp u Terstu.

Návrh jadranského tunelu se stal v 70. letech národním majetkem a jeho správa byla svěřena tehdejšímu Pragoprojektu. Ten ze spolupráce se Státním ústavem dopravního projektování uzavřel roku 1979 předprojektovou studii, kalkulace a rozbor realizovatelnosti. Z ní pocházejí následující fakta:

Výchozí stanice v tehdejší ČSSR s nájezdními rampami pro osobní automobily, osobním nádražím a technickými provozy měla být situována v oblasti na jih od Českých Budějovic. Po 6 km na jednokolejné trati by vlak vjel do mírně klesajícího tunelu o světlosti 6,6 m a délce 72 km. Na světlo by vyjel až v údolí Dunaje v prostoru rozsáhlé stanici v rakouském Linci. Odtud až do tehdejší Jugoslávie (dnešního Slovinska) měly vést dvě rovnoběžné tunelové roury v osové vzdálenosti 23 m. Mezi nimi by byl veden technologický tunel o průměru 4,5 m, ražený s předstihem a sloužící k odvádění vody a později pro napájecí a

zabezpečovací kabely. Z Lince by trasa stoupala až do vrcholového bodu pod alpským Kárntem a pak opět klesala k území Slovinska. V údolí na km 252 by trasa krátce vyběhla na zemský povrch, aby po mostech překonala říční údolí. Mezi Terstem a slovinským přístavem Koper by byla vyvedena na povrch definitivně a zbylých 12 km do konečné stanice by byla vedena po povrchu. Hornina, vylámaná z tunelu, by byla využita k vytvoření umělého ostrova, který se měl stát po dohodě s tehdejší Jugoslávií československým územím, na kterém měla být vybudována překládací a výstupní stanice a náš první přístav, nazvaný Adriaport. Celková délka trati byla upřesněna na 410 km, z toho 350 km by připadalo na tunely. Měla být elektrizována jednofázovou trakční soustavou 25 kV, 50 Hz a vybavena automatickým traťovým zabezpečovacím zařízením. Dopravní provoz včetně větrací, odvodňovací, protipožární a údržbové služby by si vyžádal přibližně 3000 zaměstnanců. Nízkoplošninové nákladní vozy by umožnily přepravu kontejnerů i návěsů kamionů systémem Huckle-Pack. Nákladní vlaky s rychlostí 120 km/h by následovaly v intervalu 10 minut, dopravní výkon trati by tak mohl být až 2,5 miliard tunokilometrů ročně. Kontejnerům a kamionům by se tak otevřela šestkrát energeticky úspornější přeprava do Terstu a odtud přes Itálii do Janova a dále loděmi typu Ro-Ro do přístavů severní Afriky, arabských zemí a Indie. Automobilisté by pak v létě odpočatí po dvouapůlhodinové jízdě rychlostí 200 km/h sjížděli pobřežními dálnicemi do turistických oblastí Jadranu.

Dle kalkulací z konce 70. let by stavba přišla na 300 mld. Kčs (při dnešní cenové úrovni by to bylo odhadem desetkrát více, čili asi trojnásobek ročního rozpočtu ČR). Doba trvání stavby by činila asi 30 let s využitím tunelovacích fréz, vlastní stavba by však po desetiletí vázala stavební kapacitu celého tehdejšího československého stavebnictví, díky čemuž byla myšlenka realizace projektu zatím dlouhodobě opuštěna, a to i ve variantě z Břeclavi přes Vídeň, Graz a Lublaň do Koperu, která by se spokojila s „pouhými“ 183 km tunelové trasy. Studie samotná nakonec skončila v šuplíku, možná i z důvodu obav před vysvětlováním Kremle, kam že se to chceme tou západní Evropou prokopat.

6. Přehled nejdelších železničních tunelů na světě (reálný horizont)

Pořadí	Název tunelu	Stát	Délka (km)	Zahájení provozu
1.	Gotthard-Basistunnel	Švýcarsko	57,0	? 2015
2.	Brenner-Basistunnel	Rakousko - Itálie	55,0	? 2020
3.	Seikan	Japonsko	53,9	1988
4.	Mont-d'Ambin	Francie – Itálie	52,9	? 2018
5.	Eurotunnel	Francie – Británie	50,5	1994
6.	Lötschberg-Basistunnel	Švýcarsko	34,6	2007
7.	Korlamtunnel	Rakousko	32,8	? 2020
8.	Guadarrama	Španělsko	28,3	2007
9.	Hakkóda	Japonsko	26,5	? 2010
10.	Iwate-ičinohe	Japonsko	25,8	2002
11.	Pajares	Španělsko	24,7	? 2011
12.	Tunel Praha - Beroun	Česko	24,0	? 2016
13.	Iijama	Japonsko	22,2	? 2013
14.	Šimizu III	Japonsko	22,2	1982
15.	Semmeringtunnel	Rakousko	22,2	? 2015
16.	Wushaoling	Čína	21,0	2006
17.	Simplon II	Švýcarsko – Itálie	19,8	1922

18.	Simplon I	Švýcarsko - Itálie	19,8	1906
19.	Verein	Švýcarsko	19,0	1999
20.	Šin-kanmon	Japonsko	18,7	1975
21.	Vaglia	Itálie	18,6	? 2008
22.	Appenino	Itálie	18,5	1934
23.	Qinling I-II	Čína	18,5	2002
24.	Rokkô	Japonsko	16,3	1972
25.	Furka	Švýcarsko	15,4	1982
26.	Haruna	Japonsko	15,4	1982
27.	Severomujskij	Rusko	15,3	2003
28.	Firenzuola	Itálie	15,3	2006
29.	Gorigamine	Japonsko	15,2	1997
30.	Monte Santomarco	Itálie	15,0	1987

7. Zdroje informací

- <http://www.blsalptransit.ch/>
- <http://www.alptransit.ch/>
- <http://de.wikipedia.org/>
- <http://cs.wikipedia.org/>
- <http://en.wikipedia.org/>
- <http://www.ltf-sas.com/>
- <http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=1728&mark=>
- http://www.alpentunnel.de/10_Epochial/40_Simplon/frame_epochial_Simplon.htm
- <http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2005092108>
- <http://www.bbt-se.com/>
- <http://www.zelpage.cz/>
- <http://www.cd.cz/>
- <http://www.swissmetro.ch/>
- http://vtm.cz/Modules/_Common/Print.aspx?Id=1619&sid=5
- Nekonvenční dráhy, Jan Tůma, NADAS, Praha, 1987